



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 195 37 545.9
22 Anmeldetag: 9. 10. 95
43 Offenlegungstag: 10. 4. 97

DE 195 37 545 A 1

71 Anmelder:
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072
Heilbronn, DE

72 Erfinder:
Gerner, Jochen, Dipl.-Phys., 69168 Wiesloch, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

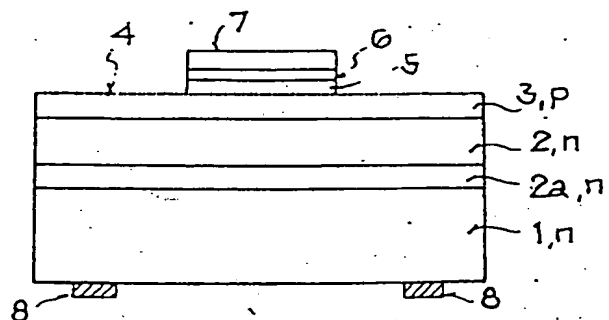
DE 27 19 567 A1
DE 24 60 831 A1
US 51 32 751 A1
EP 04 04 565 A1
EP 00 35 118 A2

ZHENG, L.R., et al.: Shallow ohmic contacts to n-type
GaAs and Al_{0.3}Ga_{0.7}As. In: Appl. Phys. Lett. 60 (7), 17.
Feb. 1992, S.877-879;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode

67 Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode mit folgenden Verfahrensschritten beschrieben. Bereitstellen eines Substrats (1); Herstellen einer den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) auf dem Substrat (1); Herstellen von Kontaktschichten (5, 6, 7; 8) auf der Oberfläche der den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) und Rückseite des Substrats (1); Tempern der Kontaktschichten (5, 6, 7; 8). Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß die Oberfläche der den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) vor dem Abscheiden der Kontaktschichten (5, 6, 7) mattiert wird. Durch das Mattieren der Vorderseite ist es möglich, die Lichtausbeute der Dioden um etwa 25% zu erhöhen. Da die Mattierungsätzung vor dem Herstellen der Kontaktschichten durchgeführt wird, ist dieses Verfahren auch dann anwendbar, wenn Aluminium als Kontaktwerkstoff verwendet werden soll. Da das Mattieren weiterhin auf die Vorderseite der Dioden beschränkt bleibt und der elektrisch aktive pn-Übergang auf den Seitenflächen an die Oberfläche tritt, wird die Lebensdauer der Dioden durch das Verfahren nicht beeinträchtigt.



DE 195 37 545 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Grünleuchtende Lumineszenzdioden werden aus (111)-orientiertem Galliumphosphid hergestellt. Da Galliumphosphid ein indirekter Halbleiter ist, ist der Wirkungsgrad geringer als in Mischkristallsystemen, bei denen bei entsprechender Zusammensetzung auch direkte Bandübergänge möglich sind. Der externe Quantenwirkungsgrad, der von der Materialeigenschaft interner Quantenwirkungsgrad und von den beim Austreten der Strahlung aus dem Innern der Diode auftretenden Verlusten bestimmt wird, beträgt bei GaP-Dioden nicht mehr als 0,3%.

Eine Ursache für den schlechten Wirkungsgrad der Dioden ist der hohe Strahlungsanteil, der wegen Totalreflexion an der Halbleiteroberfläche den Diodenkörper nicht verlassen kann. Das ist bedingt durch den hohen optischen Brechungsindex des Halbleitermaterials. Er liegt bei ca. 3,4 für Galliumphosphid. Daraus ergibt sich ein Grenzwinkel der Totalreflexion von $17,7^\circ$ beim Übergang der Strahlung zu Luft. Auf direktem Weg wird nur der Anteil der Strahlung ausgekoppelt, der unter einem kleineren Winkel zur oberflächennormalen auf die Grenzfläche fällt. Der übrige Anteil wird in den Diodenkörper zurückreflektiert. Ein großer Teil der zurückreflektierten Strahlung geht durch Absorption im Halbleiterkörper und an den Metallkontakten verloren. Daher läßt sich der Wirkungsgrad erheblich steigern, wenn für eine bessere Auskopplung der Strahlung gesorgt wird.

Eine Verbesserung der Strahlungsauskopplung läßt sich grundsätzlich durch verschiedene Maßnahmen erreichen. In der Offenlegungsschrift DE 42 13 007 A1 wird ein Verfahren beschrieben, um durch das Aufbringen einer reflexionsmindernden $\lambda/4$ - dicken Vergütung den Grenzwinkel der Totalreflexion zu vergrößern.

Aus der EP 404 565 ist ein Verfahren zum Herstellen einer strahlungsemitierende Diode aus dem III-V-Verbindungshalbleitermaterial GaAlAs bekannt, bei dem zur Verbesserung des externen Quantenwirkungsgrades die gesamte Oberfläche des Halbleiterchips aufgeraut wird. Das Aufrauen oder Mattieren erfolgt nach dem Vereinzeln der Dioden. Durch das Mattieren wird die Totalreflexion der erzeugten Strahlung an der Grenzfläche zwischen dem Diodenchip und dem umgebenden Material größtenteils vermieden, der Lichtweg im Halbleitermaterial verkürzt und dadurch die Wahrscheinlichkeit der Reabsorption vermindert. Gleichzeitig wird die effektive Oberfläche der Diode vergrößert, wodurch mehr Strahlung das Innere der Dioden verlassen kann. Nachteilig bei dem bekannten Verfahren ist jedoch, daß aufgrund der angeätzten Kontaktschichtstrukturen das Diodenchip bei der Montage nur sehr schlecht zu bonden ist. Außerdem müssen ätzresistente Materialien für die Kontaktschichtstrukturen verwendet werden. Weiterhin führt das Anätzen der Oberfläche im Bereich des strahlungsemitierenden Übergangs zu einer Verkürzung der Lebensdauer der Dioden.

Aus der DE 43 05 296 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen einer strahlungsemitierenden Diode mit mattierten Seitenkanten bekannt. Das Mattieren erfolgt nach dem Zerteilen der Substratscheibe. Die Dioden werden durch eine auf der Rückseite aufgebrachten Trägerfolie im Verbund gehalten. Eine Schicht aus Sil-

ziumdioxid schützt die Kontaktflächen, die Vorderseite der Diode und die Mesaflanken mit dem dort an die Oberfläche tretenden pn-Übergang vor dem Ätzeingriff. Das Siliziumdioxid muß nach dem Mattieren wieder entfernt werden. Das Aufbringen und Entfernen der Schutzschicht sowie das Aufkleben einer Trägerfolie machen das bekannte Verfahren sehr aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdiode mit einer mattierten Oberfläche anzugeben, bei dem auf zusätzliche Prozeßschritte nach dem Vereinzeln der Dioden verzichtet werden kann. Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch die dort angegebenen, kennzeichnenden Merkmale gelöst. Die vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung erfolgt gemäß den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

Die mit der Erfindung verbundenen Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die Oberfläche der Lumineszenzdiode mattiert wird, bevor der Vorderseitenkontakt hergestellt wird. Das Mattieren erfolgt im Scheibenverbund. Die Kontaktschicht der Vorderseite kann ohne Nachteile für die Funktion der Diode auf der mattierten Oberfläche hergestellt werden. Damit ist auch die Verwendung von wenig ätzresistenten Kontaktmetallen wie Aluminium möglich.

Zudem ist der Mattierungsprozeß so gestaltet, daß er ohne besondere Vorkehrungen bei relativ niedriger Temperatur in normaler Laborumgebung durchgeführt werden kann. Die Zusammensetzung der Ätzlösung wurde dabei in einer Reihe von Experimenten so festgelegt, daß die Strukturen, die bei dem Mattieren des (111)-orientierten Galliumphosphids entstehen, nicht die von den herkömmlichen Medien her bekannte, durch eine scharfe Spitze gekennzeichnete Pyramidenform haben. Bei dem Verfahren entsteht eine fein mattierte Oberfläche mit einer Rauhtiefe, die unter $1 \mu\text{m}$ liegt. Das ist wichtig, weil andernfalls eine Drahtbondung des über der mattierten Oberfläche liegenden Kontakts Ausbrüche im Halbleiterkristall und den Ausfall der Dioden zur Folge hätte und die Montierbarkeit der Dioden nicht gewährleistet wäre.

Kurze Beschreibung der Figuren:

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Lumineszenzdiode im Querschnitt;

Fig. 2a zeigt die Lumineszenzdiode der Fig. 1 in einem ersten Stadium ihrer Herstellung;

Fig. 2b zeigt die Lumineszenzdiode der Fig. 1 in einem zweiten Stadium ihrer Herstellung;

Fig. 2c zeigt die Lumineszenzdiode der Fig. 1 in einem dritten Stadium ihrer Herstellung;

Fig. 2d zeigt die Lumineszenzdiode der Fig. 1 in einem vierten Stadium ihrer Herstellung;

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit des Abtrags von der Ätzzeit und der Temperatur für die erfindungsgemäße Ätzlösung;

Fig. 4 zeigt die Durchlaßspannung und die Lichtstärke eines gelbgrün leuchtenden stickstoffdotierten GaP-Chips für Dioden mit mattierter Oberfläche im Vergleich mit herkömmlichen Dioden.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

Die in Fig. 1 dargestellte Lumineszenzdiode besteht aus einem Halbleitersubstrat 1 aus (111)-orientiertem Galliumphosphid (GaP). Auf das n-leitende GaP-Substrat 1, das beispielsweise mit Tellur oder Schwefel dotiert ist, ist als erste Epitaxieschicht 2 eine ebenfalls n-leitende GaP-Schicht epitaktisch aufgebracht. Die er-

ste Epitaxieschicht 2 ist wie das Substrat mit Tellur oder Schwefel dotiert. Die Konzentrationen der Dotierungsstoffe liegen im Substratmaterial vorteilhafterweise bei ca. $2-6 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ und in der ersten Epitaxieschicht 2 vorteilhafterweise bei ca. $1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Zum Herstellen der Epitaxieschichten kommen sowohl Gasphasen-(VPE) als auch Flüssigphasen-Epitaxieverfahren (LPE) in Betracht. Zur Zeit wird jedoch fast ausschließlich die Flüssigphasenepitaxie (LPE) eingesetzt. Auf die erste Epitaxieschicht 2 ist eine p-leitende, vorzugsweise mit Zink dotierte zweite Epitaxieschicht 3 aus GaP aufgebracht, die in diesem Ausführungsbeispiel die p-leitende Seite der Lumineszenzdiode bildet. Die Konzentration des Dotierungsstoffs liegt in der zweiten Epitaxieschicht 3 vorteilhafterweise bei ca. $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

Einen noch höheren Wirkungsgrad erreichen Dioden mit einer zwischen dem Substrat 1 und der ersten Epitaxieschicht 2 angeordneten n-leitenden Pufferschicht 2a. Die Pufferschicht 2a ist im Ausführungsbeispiel vorzugsweise mit Schwefel dotiert, wobei die Konzentration des Dotierungsstoffs im Bereich von ca. $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ liegt.

Für gelbgrün leuchtende Lumineszenzdioden sind die Epitaxieschichten 2 und 3 in der Umgebung des pn-Übergangs zusätzlich mit Stickstoff dotiert, um damit isoelektronische Zentren zu erzeugen und so die Übergangswahrscheinlichkeit für die strahlende Rekombination zu erhöhen und gleichzeitig eine Verschiebung der Emissionswellenlänge zu erzielen. Die Konzentration des Stickstoffs sollte bei ca. $1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ liegen.

Die gesamte Oberfläche 4 der p-leitenden Epitaxieschicht 3 ist mattiert, um die Lichtauskopplung zu verbessern. Die Rauhtiefe der mattierte Oberfläche darf den Oberwert von $1 \mu\text{m}$ nicht übersteigen, damit die Dioden bondbar sind und bei der Montage nicht beschädigt werden.

Auf der mattierte Oberfläche befindet sich eine Kontaktschichtanordnung 5, 6, 7. Sie bildet mit dem darunterliegenden Halbleiter einen ohmschen Kontakt. Die Kontaktschichtanordnung 5, 6, 7 besteht aus mehreren Kontaktschichten. Die erste Kontaktschicht 5 besteht im Ausführungsbeispiel aus Gold-Zink oder Gold-Beryllium. Auf ihr ist eine zweite Kontaktschicht 6 angeordnet. Diese dient als Diffusionsbarriere und besteht aus Titan-Wolfram-Nitrid. Auf der Diffusionsbarriere ist eine dritte Kontaktschicht 7 aus Aluminium angeordnet. Die Aluminiumschicht 7 verstärkt die erste Kontaktschicht 5 und sorgt für eine gute Bondbarkeit der Diode bei der späteren Montage.

Anstelle der Kombination aus der zweiten Kontaktschicht 6 aus Titan-Wolfram-Nitrid und dritten Kontaktschicht 7 aus Aluminium kann auch nur eine einzige Kontaktschicht bestehend aus Gold auf der ersten Kontaktschicht 5 angeordnet sein.

Die dritte Kontaktschicht 7 kann anstatt aus Aluminium auch aus einer AlSi-Legierung bestehen. AlSi-Legierungen sind korrosionsbeständiger als reines Aluminium.

Die Metallisierung auf der n-leitenden Halbleiteroberfläche der Rückseite der Scheibe besteht vorzugsweise aus einer Gold-Germanium Schicht 8. Zweckmäßigerweise, wenn auch nicht zwingend, ist die Rückseite der Diode dabei nur partiell metallisiert.

Die Fig. 2a bis 2d zeigen einen Querschnitt durch die Lumineszenzdiode nach wesentlichen Teilschritten des Verfahrens ihrer Herstellung. Zunächst werden auf einer n-leitenden Substratscheibe 1 aus (111)-orientiertem Galliumphosphid die erste und die zweite epitaktische

GaP-Schicht 2, 3 erzeugt. Die beiden epitaktischen Schichten enthalten/bilden den strahlungserzeugenden pn-Übergang. In Fig. 2a ist die Substratscheibe 1 mit den beiden epitaktischen Schichten 2, 3 nach diesem Stadium der Herstellung dargestellt. Die Epitaxieschichten werden während des Aufwachsens aus der Schmelze dotiert. Die erste Epitaxieschicht ist n-leitend, die zweite Epitaxieschicht ist p-leitend.

In dem darauffolgenden Prozeßabschnitt wird die Oberfläche noch vor dem Abscheiden der Kontaktschichten mattiert. Daher ist es möglich, auch wenig ätzresistente Metalle wie z. B. Aluminium für die Kontaktschichten zu verwenden.

Der Mattierungsprozeß ist so gestaltet, daß er ohne besondere Vorkehrungen bei relativ niedriger Temperatur in normaler Laborumgebung durchgeführt werden kann. Nach einer gründlichen Reinigung mit alkalischen Reinigungsmitteln und einer zusätzlichen schwach abtragenden Ätzung (ca. $1 \mu\text{m}$ Abtrag) werden die GaP Halbleiterscheiben in einem Gemisch aus je gleichen Volumenanteilen H_3PO_4 , HCl und CH_3COOH mattiert. Es werden jeweils konzentrierte Säuren verwendet. Die Temperatur der Mattierungsätze liegt zwischen 25 und 40°C . Die Halbleiterscheiben verbleiben für eine Zeitdauer ca. $5-10$ Minuten in der Mattierungsätze. Vorteilhaft ist dabei, daß das Mattieren in einem offenen Becken durchgeführt werden kann, weil durch die Zusammensetzung der Mattierungsätze und durch die niedrigen Temperaturen keine die Gesundheit gefährdenden oder Korrosion auslösenden Dämpfe entstehen. Die Dauer der Ätzung ist so gewählt, daß auf den Halbleiterscheiben eine fein mattierte Oberfläche 4 entsteht, die eine Rauhtiefe unter $1 \mu\text{m}$ aufweist. In Fig. 2b ist die GaP Halbleiterscheibe nach diesem Prozeßschritt dargestellt.

Die Halbleiterscheibe wird nun auf der mattierte Oberfläche 4 der p-leitenden Scheibenseite in vorgegebenen Teilbereichen mit einer ersten Kontaktschicht 5 aus Gold-Zink versehen. Da bei der späteren Montage der Diode die Kontaktschicht mit Hilfe eines Bondverfahrens durch einen oder mehrere dünne Bonddrähte aus Gold oder Aluminium mit einem Anschlußstift des Gehäuses verbunden wird und eine Beschädigung der Kontaktschicht und des Halbleiterkristalls während des Drahtbondens vermieden werden muß, wird die erste Kontaktschicht 5 durch eine oder mehrere weitere Kontaktschichten 6, 7 verstärkt. Im Allgemeinen wird dabei als Verstärkungsschicht wegen der guten Montierbarkeit Aluminium vor Gold der Vorzug gegeben. Zwischen der ersten Kontaktschicht 5 aus Gold-Zink und der als Verstärkung dienenden dritten Kontaktschicht 7 aus Aluminium ist als Diffusionsbarriere eine zweite Kontaktschicht 6 vorzugsweise aus Titan-Wolfram-Nitrid vorgesehen, die das Ineinanderlegieren der Gold-Zink Schicht (erste Kontaktschicht 5) und der Aluminiumverstärkung (dritte Kontaktschicht 7) während des Temperns der Kontaktschichtanordnung verhindert. Die Anordnung nach diesem Prozeßschritt ist in Fig. 2c dargestellt. Statt des Aluminiums kann auch eine AlSi-Legierung als Material der dritten Kontaktschicht 7 verwendet werden. AlSi-Legierungen sind korrosionsbeständiger als reines Aluminium.

Im nächsten und letzten Schritt des Scheibenprozesses wird die n-leitende Scheibenrückseite mit einer Metallisierung (8) versehen. Diese Metallisierung kann ganzflächig erfolgen, wird aber vorzugsweise partiell durchgeführt und besteht beispielsweise aus Gold-Germanium. Nach dem Abscheiden und Strukturieren der

Kontaktschichten der Vorder- und der Rückseite werden die Kontakte in einem Temperaturprozeß getempert, um die ohmschen Eigenschaften zu erzielen. Die Anordnung nach diesem Prozeßschritt ist in Fig. 2d dargestellt.

Anschließend werden die Dioden durch Zerteilen der Halbleiterscheibe vereinzelt und gemäß ihrer Bestimmung montiert.

Im Diagramm der Fig. 3 ist die Abhängigkeit des Materialabtrags von der Ätzzeit und der Temperatur für die Ätzlösung aus einem Gemisch aus Phosphorsäure, Salzsäure und Essigsäure und für eine (111) GaP Oberfläche. Die Volumenanteile der Säuren entsprechen 1:1:1. In einer Reihe von Versuchen wurde festgestellt, daß mit Mischungen aus Phosphorsäure und Salzsäure bereits bei Temperaturen, die geringfügig über der Raumtemperatur liegen, bei (111) GaP ähnliche starke Oberflächenaufräuhungen erreicht werden können wie mit der annähernd kochenden konzentrierten Salz- oder Flußsäure. Wegen der hohen Viskosität der Phosphorsäure und der niedrigen Prozeßtemperatur entstehen dabei jedoch keine störenden Chlor- oder Flußsäuredämpfe. Bei der Betrachtung unter starker Vergrößerung zeigt sich, daß sowohl die mit Salz- oder Flußsäure als auch die mit dem Phosphorsäure, Salzsäure — Gemisch behandelten Oberflächen dicht mit regelmäßigen, lückenlos aneinander anschließenden Pyramiden überzogen sind, die alle in einer scharfen Spitze enden. Durch den Zusatz von Essigsäure zu dem Phosphorsäure, Salzsäure — Gemisch läßt sich die Ausbildung dieser spitzwinkligen Pyramiden verhindern und es entsteht statt dessen die gewünschte fein mattierte Oberfläche mit einer Rauhtiefe, die unter 1 µm liegt. Wie das Diagramm der Fig. 3 zeigt, ist der Abtrag der Ätzlösung gering. Selbst bei einer Temperatur von 50°C und einer Ätzzeit von 30 min beträgt der mittlere Abtrag nur etwa 500 nm. Die geringe Auflösungsgeschwindigkeit ist ein Indiz für das Vorliegen von Inhibitionerscheinungen beim Ätzangriff. Da die Ätztiefe außerdem proportional zur Quadratwurzel aus der Ätzzeit ist, kann geschlossen werden, daß mindestens ein Teilschritt der Ätzreaktion diffusionskontrolliert ist. Vermutlich begrenzt die Abdiffusion der Reaktionsprodukte die Ätzrate.

Durch das Mattieren der Vorderseite der Halbleiter-Substratscheibe läßt sich der externe Quantenwirkungsgrad um etwa 25% steigern. Dies zeigt das in Fig. 4 dargestellte Diagramm. Hier sind die Durchlaßspannungs- und die Lichtstärkedaten eines herkömmlichen GaP:N Lumineszenzdiodenchips für den grünen Spektralbereich denen eines Chips mit mattierter Vorderseite gegenübergestellt. Die Lichtstärke bei einem Durchlaßstrom von 20 mA konnte um 26% von 895 auf 1129 (willkürliche Einheiten) gesteigert werden. Gleichzeitig sank die Durchlaßspannung von 2,23 V auf 2,19 V. Tests haben weiterhin ergeben, daß die Lebensdauer der Dioden mit mattierter Vorderseite gegenüber herkömmlichen Dioden nicht beeinträchtigt ist.

Durch das oben beschriebene Verfahren zum Mattieren der Vorderseite von Lumineszenzdioden ist es möglich, die Lichtausbeute der Dioden um etwa 25% zu erhöhen. Da die Mattierungsätzung vor der Vorderseitenkontaktierung durchgeführt wird, ist dieses Verfahren auch dann anwendbar, wenn Aluminium als Kontaktwerkstoff verwendet werden soll. Da das Mattieren weiterhin auf die Vorderseite der Dioden beschränkt bleibt und der elektrisch aktive pn-Übergang auf den Seitenflächen an die Oberfläche tritt, wird die Lebensdauer der

Dioden durch das Verfahren nicht beeinträchtigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Lumineszenzdioden mit folgenden Verfahrensschritten:
 - Bereitstellen eines Substrats (1);
 - Herstellen einer den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) auf dem Substrat (1);
 - Herstellen von Kontaktschichten (5, 6, 7; 8) auf der Oberfläche der den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) und Rückseite des Substrats (1);
 - Tempern der Kontaktschichten (5, 6, 7; 8),
 dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) vor dem Abscheiden der Kontaktschichten (5, 6, 7) mattiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat aus (111)-orientiertem Galliumphosphid besteht.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) aus Galliumphosphid besteht.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mattierung der Oberfläche der den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) naßchemisch mit einem Gemisch aus Phosphorsäure, Salzsäure und Essigsäure erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Phosphorsäure: Salzsäure: Essigsäure 1:1:1 entspricht.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Rauhtiefe der mattierte Oberfläche unter 1 µm liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschichten auf der Oberfläche der den strahlungserzeugenden pn-Übergang enthaltenden Schichtenfolge (2a, 2, 3) und der Rückseite des Substrats in einem einzigen Prozeßschritt getempert werden.
8. Verfahren zum Mattieren der Oberfläche einer in (111) Richtung orientierten GaP Halbleiterscheibe, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Säuremischung bestehend aus jeweils gleichen Volumenanteilen konzentrierter Phosphorsäure H_3PO_4 , konzentrierter Salzsäure HCl und konzentrierter Essigsäure CH_3COOH .
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Säuremischung eine Temperatur im Bereich von 25°C bis 40°C aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Säuremischung eine Temperatur von ca. 30°C aufweist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8—10, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterscheibe für eine Zeitdauer von 2—15 Minuten in der Säuremischung mattiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 8—11, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterscheibe für eine Zeitdauer von ca. 5 Minuten in der Säuremischung mattiert wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

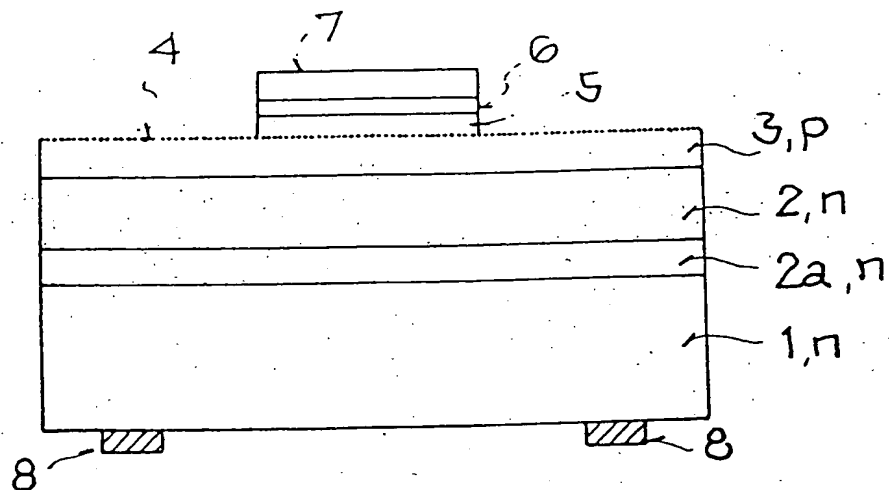


FIG. 1

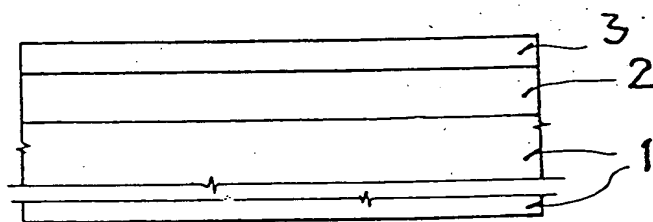


FIG. 2a

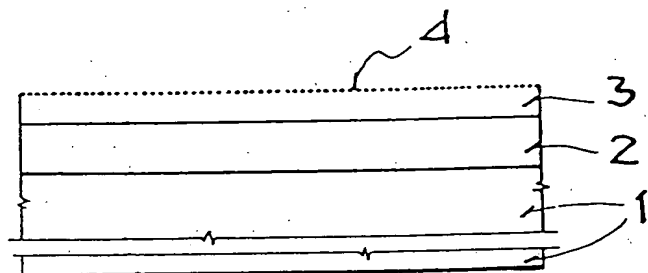


FIG. 2b

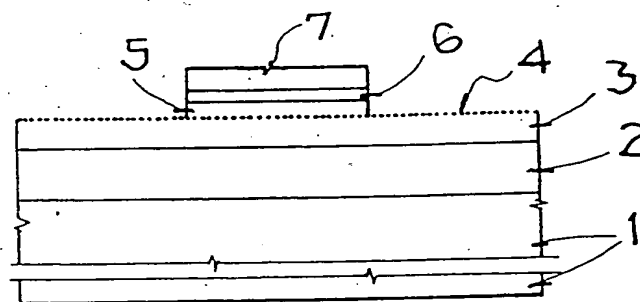


FIG. 2c

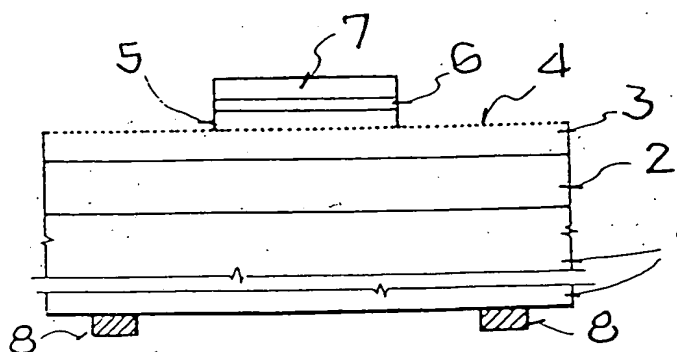


FIG. 2d

- Leerseite -

FIG. 3

